

## 해양자원 탐사장비용 자원식별 알고리즘 개발

김 영 진, 조 영 준  
한국생산기술연구원 생산시스템본부

### A Study on the Detection Algorithm for exploration equipment of marine resources

Young-jin Kim, Young-june Cho  
Korea Institute of Industrial Technology Manufacturing System(KITECH)

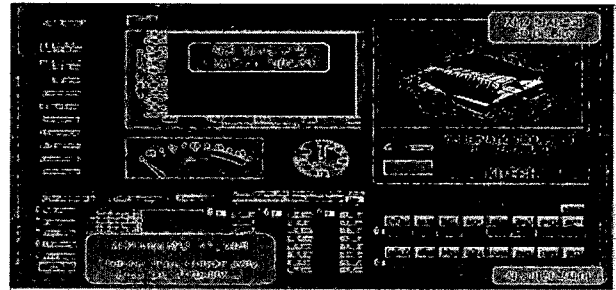
**Abstract** The world-wide various nations is doing the development competition of marine resources for solving supply and non balance of the resources in compliance with depleting the land resources. Currently for exploring marine resources, After confirming the location of the resources by controlling search equipment and sensor module in research vessel, the method which collects sample of searched resources and analyzes the quality and a contents of the resources in research vessel is been applying. This search method is structure which analyzes an ingredient in ship and decides the quality of the resources. And real-time processing for an effective resources search is been demanding. Therefore in this paper, we have developed a resources identification algorithm that can display the type feature of resources by real-time 3D Graphic.

**Keywords** marine resources, observation instrument, detection algorithm,

해류(산소풍부)층이 공존하므로 용존산소량(Dissolved Oxygen Sensor)의 변화를 검출한다. 고해상도소나시스템은 광물자원의 징후를 포착하면 그 지점을 정밀분석하기위한 해저 지형도 획득 시스템이다.

#### 2.1.2 수상 탐사모듈 원격제어부

수중에서 탐사센서 모듈로 검출한 자원의 특징 정보는 수상부 탐사모듈 원격제어시스템으로 전송되며, 측면주사음탐기를 통해 해저지형도를 획득하고, 그림 2와 같이 자원탐사정보 획득 및 처리용 GUI를 이용하여 자원의 유형과 위치를 표시한다. 좌 상단은 자원의 위치정보 및 탐사경로 표시부(GPS, GARMIN LV18-5M)이고, 좌 하단은 자원탐사정보(Temp, Conductivity, Pressure) 획득 및 표시부, 우 하단은 저소비전력제어시스템 동작상태 표시부 이다. 탐사센서 모듈을 통해 획득한 데이터를 우측 상단에 자원탐사결과로 3D Graphic 형태로 모자이크 처리하여 디스플레이 한다.



〈그림 2〉 자원탐사정보 획득 및 처리용 GUI

#### 2.1.3 저소비전력 제어부

해양자원 탐사장비의 저소비전력 제어부는 그림 3과 같이 3단계의 전력 제어 알고리즘을 통해서 소비전력을 저감시킨다.

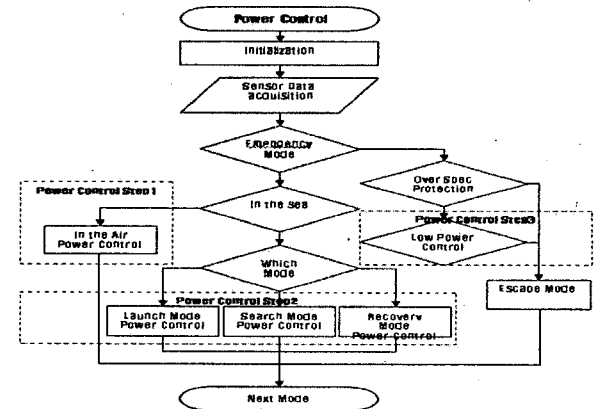


그림 3 저소비전력제어 알고리즘

제1단계 전력제어 알고리즘은 수중/공기 중 전력제어 알고리즘으로 해수의 전기전도도 특성을 이용하였다. 탐사장비 외부에 부착된 두 금속이 전해질 환경에 놓이고, 직류전원(DC24[V])을 공급 인위적인 전위차를 발생시키면 두 금속사이에 미세전류가 흐르고 이 전류를 FET(Field Effect Transistor)의 구동을 위한 Bias Signal로 활용하여 탐사장비의 해수, 공기 중 여부를 판단하며, 공기 중에 노출 시 20[ms]간격으로 공급되는 트리거신호(turn off signal)에 의해 FET가 turn off 되어 공급전력을 근본적으로 차단한다. 2단계 전력제어 알고리즘은 자원유형별 탐사영역에 따른 전력제어 알고리즘으로 매 1초 간격으로 20[ms]의 신호기간 동안 8[ms]이상 제어명령(command signal)을 인식하면 수전대기(standby mode)상태에서 이탈

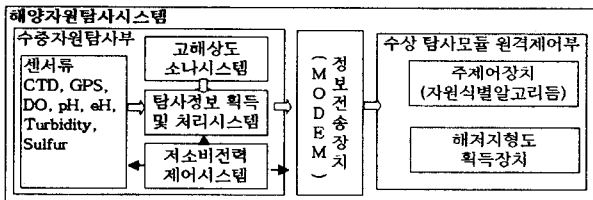
## 1. 서 론

세계 각국은 육상자원이 고갈되어감에 따라 자원의 수급불균형을 해소하기 위해 해양자원 개발경쟁을 벌이고 있다[1]. 고품위 전략금속자원인 망간, 구리, 코발트, 니켈 등은 중국, 인도, 동남아시아를 중심으로 수요가 급속히 증가되고 있으며, 이러한 금속성분을 다량 포함하고 있는 열수광상, 망간각 및 망간단괴 등 심해저 광물자원의 개발 필요성이 대두되고 있다[2]. 현재 해양자원을 탐사하기 위해서는 탐사선에서 탐사장비 및 센서모듈을 토우요우 하여 자원의 위치를 확인하고, 탐사된 자원의 시료를 채취하여 선상에서 자원의 품질과 내용을 분석하는 방법을 적용하고 있다[3]. 이러한 탐사방법은 금속자원의 시료를 채취하여 선상에서 성분을 분석하고 자원의 품질을 결정하는 구조로 효과적인 자원탐사를 위한 실시간성이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 자원탐사 모듈과 측면주사 음탐기를 통해 획득한 정보를 기반으로 하여 자원의 종류에 따른 특징을 실시간 3D Graphic으로 표시할 수 있고, 광대역에서 장시간 운용 가능하도록 저소비전력 제어시스템이 내장된 해양자원 탐사장비용 자원식별 알고리즘을 개발하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 해양자원 탐사시스템

해양자원탐사시스템은 그림1과 같이 자원의 특징을 검출하기위한 수중자원 탐사센서부와 탐사정보를 탐사모듈원격제어부로 전달하는 정보전송장치, 탐사센서 데이터를 측면주사음탐기(Side Scan Sonar, 1,200[kHz])로 획득한 해저지형도에 3D Graphic 형태로 표시하고, 자원의 유형 및 위치식별 알고리즘이 내장된 주제어장치로 구성된다.



〈그림 1〉 해양자원 탐사시스템 구성도

#### 2.1.1 수중자원 탐사부

수중자원 탐사부는 물리 화학적인 방법으로 광물자원의 특징을 검출하기 위한 센서부와 고해상도 소나시스템을 이용하는 해저지형정보 획득부, 탐사센서 모듈을 통해 획득한 데이터를 처리하는 탐사정보 획득 및 처리 시스템(NI-CFP2120), 가공된 정보를 수상으로 전달하는 정보전송장치(MODEM, FOCAL-907, USA), 수중 환경에서 탐사장비를 장시간 운용하기 위한 저소비전력제어시스템으로 구성된다. 탐사센서 모듈은 해저광물자원의 특징을 검출하는데 열수광상은 고온의 열수와 주변 해수와의 기온기 변화를 검출하고, 열수구 주변의 산화도(eH), 탁도(Turbidity), 황화수소와 이산화탄소의 영향에 의한 pH농도 변화 등을 검출한다. 그리고 망간단괴와 망간각 주변은 금속이온을 다량 함유한 상태의 산소결핍층과 외부에서 유입되는 저층

(wake-up)되어 탐사모듈에 전력을 공급한다. 제 3단계는 내장된 배터리가 방전되어 저전압 상태나, 자원탐사장비 이상시 비상탈출을 위한 전력제어 알고리즘으로 저전압 전력제어는 DC16[V] 이하에서 수행한다.

### 2.2 해양자원 식별 알고리즘

금, 은, 코발트, 망간, 아연 등 고부가가치 광물자원이 포함된 열수광상 및 망간각, 망간단괴를 탐지, 식별하기 위해서는 물리 화학적인 센서모듈을 사용하여 광물자원의 특징을 검출하고, 측면주사음탐기로 획득한 해저지형도 상에 센서모듈을 이용하여 획득한 정보를 실시간 3D Graphic으로 모자이크 처리하여 자원의 유형 및 위치를 표시한다. 먼저 열수광상은 고온(300~400[°C]정도)의 열수가 분출되어 주변해수(약 2[°C]정도)와 온도차이가 크게 발생하므로 온도기울기를 CTD센서(Fast CAT, SBE-49)를 이용하여 관찰하고, 열수구 주변의 메탄과 유황성분의 농도 변화를 검출하여 열수광상의 가능성을 확인한다. 열수구 주변 금속물질의 산화도(eH)가 주변의 금속물질에 비해 해수에 노출된 시간이 적어 상대적으로 낮게 나타나고, 탁도(Turbidity)는 열수에 포함되어 있는 여러 종류의 혼합물에 의하여 주변 해수에 비해 높게 나타나며, 열수구 주변에서는 황화수소와 이산화탄소의 영향으로 pH농도가 변화한다[4]. 그리고 망간단괴와 망간각 주변은 금속이온을 다량 함유한 상태이나 산소결핍현상이 발생하며, 외부에서 유입되는 저층해류에 포함된 다량의 산소에 의해 산화되어 침적되는 과정으로 광물자원이 생성[5] 되므로 용존산소량센서(SBE-43, Dissolved Oxygen Sensor)의 변화를 감지하면 망간각, 망간단괴의 분포가능성을 확인할 수 있다. 이러한 특징들을 물리 화학적인 센서를 사용하여 검출하고 실시간으로 수상부 탐사모듈 원격제어 시스템(LabVIEW 8.2)으로 정보전송장치를 이용하여 전송한다. 이렇게 획득한 자원의 물리화학적인 특징정보를 측면주사음탐기로 획득한 해저지형도 상에 매핑 하여 자원의 유형과 위치를 표시한다.

### 3.1 실험장치 구성

해양자원 탐사장비용 자원식별 알고리즘을 평가하기 위해서 그림 4와 같이 해양자원 탐사시스템을 구성하였다. 주요 구성은 수중자원 탐사시스템에 장시간 안정적인 전력을 공급하기 위한 저소비전력 제어시스템과 자원탐사용 센서를 통해 획득한 정보를 처리하는 자원탐사정보 획득 및 처리시스템으로 구성되며, 수상부 탐사모듈 원격제어시스템은 측면주사음탐기를 통한 해저지형도 획득 장치와 자원유형 및 위치 식별알고리즘이 내장된 주 제어 장치로 구성되어 있다.

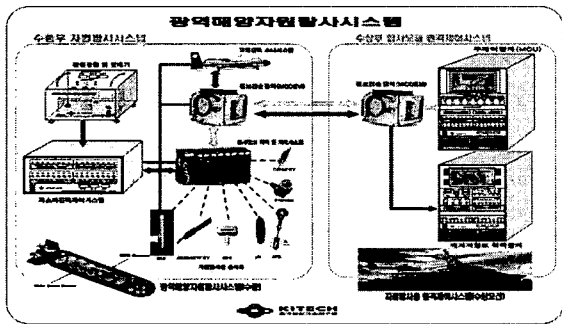


그림 4 해양자원탐사시스템 구성도

### 3.2 해양자원 식별특성 평가

그림 5에서는 해양자원 식별특성을 평가하기 위해서 열수광상의 특징정보를 입력하여 위치(위도/경도)에 따른 탐사센서 정보를 3D Graphic으로 Simulation한 결과이다. 특징위치에서 급격한 온도상승(0.5->32[°C])과 전기전도도 특성의 변화(3.1->4.0[S/m]) 그리고 압력감소(200->150[bar]) 현상이 나타난다. 좌 상단은 3개 각각의 특징정보를 1개의 Graphic상에 모자이크 처리하여 3가지 특징조건이 일치 시 열수광상 분포가능성이 있는 것으로 판단한 결과를 보여주고 있다.

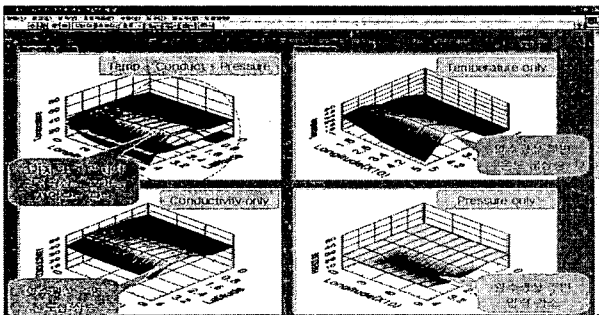


그림 5 자원탐사정보 Simulation 결과

### 3.3 실시간 해양자원 식별특성 평가

해양자원 탐사센서로 검출한 탐사정보를 실시간으로 표시하는 경우 많은 데이터 처리가 요구되며, 센서모듈에서 측정하는 탐사정보와 GUI상에서 표시하는 정보간 시간지연이 발생하게 된다. 시간지연을 제거하고 실시간성을 확보하기 위하여 탐사모듈을 통해 획득한 센서정보를 점자(dot print)형태로 출력하였다. 시행횟수가 증가하면 3D surface 형태 정보로 표시되며, 그림 6에서는 Random data를 입력하여 자원탐사정보를 실시간으로 Simulation한 결과를 보여주고 있다.

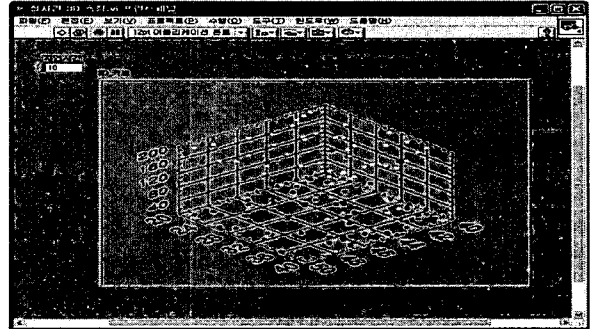


그림 6 자원탐사정보 실시간 Simulation 결과

### 3.4 소비전력 저감특성 평가

탐사모듈을 통해 획득하는 센서정보의 Sampling 횟수가 증가할수록 자원 식별 신뢰도가 증가한다. 그러나 센서모듈의 운용시간이 증가하면 소비전력이 증가되어 탐사장비 운용시간이 단축된다. 따라서 최적의 자원탐사장비 운용을 위해서는 자원의 유형별, 탐사형태에 따른 공급전력의 제어가 필요하다. 그림 7에서는 탐사장비에 내장된 저소비전력제어시스템을 이용, 공급전력 단속제어 시 소비전력의 저감특성을 보여주고 있다. 공기 중 에서 탐사장비를 운용하지 않는 기간 동안 전력을 단속하는 수중/공기 중 전력제어 시 소비전력의 저감특성이 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

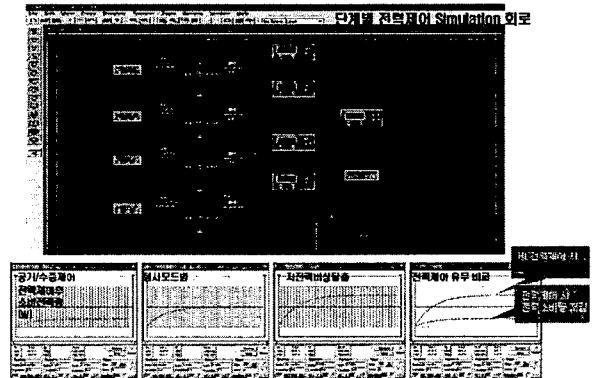


그림 7 소비전력 저감특성 Simulation 결과

## 4. 결 론

해저에 분포되어 있는 고품위의 광물자원을 탐사하고 식별하기 위한 해양자원 탐사장비용 자원식별알고리즘을 개발하였다. 자원의 종류에 따른 고유 특징을 검출하여 측면주사음탐기로 획득한 해저 지형도상에 매핑 하는 방법으로 자원의 유형과 위치를 식별하였다. 실시간 3D Graphic 형태로 표시하기 위해 점자(Dot print)로 탐사결과 출력하여 시간지연 요소를 제거하였다. 또한 광대역을 장기간 탐사하기 위하여 저소비전력제어 시스템을 탑재하여 소비전력의 저감특성을 향상시켜 탐사모듈의 운용시간을 연장할 수 있었다. 향후, 임의위치에 분포되어 있는 상이한 형태의 자원을 실시간으로 탐사하고 식별하기 위해서 위치정보와 연동성을 향상시키고, 수천미터 해저에서 작동하는 압력(수백[bar])에서 운용 가능한 센서개발이 필요하다.

후기 : 본 논문은 에너지자원기술개발사업(에너지관리공단)으로 수행 중인 연구개발 결과의 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 윤치호 외, "심해저광물자원 개발기술 및 환경보전 연구보고서", 2000년
- [2] 우종식, 이철원, 오영석, "무인잠수정의 안전운항 제약과 극복", 한국해양공학회 춘계학술대회 논문집, PP.123-127, 2000년.
- [3] 이관복 외, "무인잠수정을이용한 열수환경탐사기술개발 보고서", 2005년.
- [4] 이관복 외, "차세대 심해용 무인자무정 개발(3) 연구보고서, 2004.
- [5] 박동준, "해저과학 광물탐사", <http://blog.naver.com/seonghk88/140035070141>, 2007년.